

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年12月20日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-370519

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-370519 ]

出 願 人

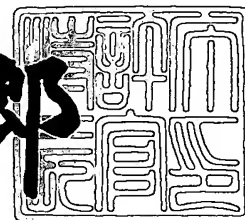
Applicant(s):

ソニー株式会社

2003年 5月20日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3037360

【書類名】 特許願

【整理番号】 0290821401

【提出日】 平成14年12月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 05/39

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社  
                                内

    【氏名】 鉄川 弘樹

【特許出願人】

    【識別番号】 000002185

    【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100090527

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 館野 千恵子

    【電話番号】 03-5731-9081

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 011084

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 0010570

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気抵抗効果型磁気ヘッド

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行う感磁素子として、反強磁性層と、当該反強磁性層との間で働く交換結合磁界により所定の方向に磁化が固定された磁化固定層と、外部磁界に応じて磁化方向が変化する磁化自由層と、上記磁化固定層と上記磁化自由層との間を磁氣的に隔離する非磁性層とが積層された構成を有するスピバルブ膜を備える磁気抵抗効果型磁気ヘッドであって、

上記非磁性層は CuRu からなり、Cu と Ru との組成比を、それぞれ  $(100 - a)$ 、 $a$  ( $a$  は、原子%を表す。)としたとき、その組成範囲が、 $3 \leq a \leq 15$  であり、

上記磁化固定層および上記磁化自由層は、NiFe または CoNiFe からなり、Co、Ni、および Fe の組成比を、それぞれ  $b$ 、 $c$ 、 $d$  ( $b$ 、 $c$ 、 $d$  は、それぞれ原子%を表す。)としたとき、その組成範囲が、 $0 \leq b \leq 75$ 、 $15 \leq c \leq 95$ 、 $5 \leq d \leq 40$  ( $b + c + d = 100$  原子%) であり、

テープ状の磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行うことを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項 2】 上記スピバルブ膜は、濃度  $0.1 \text{ kmol/L}$  の NaCl 溶液中に液浸されたときに測定される標準水素電極に対する腐食電位が、 $+0.4 \text{ [V vs SHE]}$  以上となることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項 3】 上記スピバルブ膜を構成する上記非磁性層は、濃度  $0.1 \text{ kmol/L}$  の NaCl 溶液中に液浸されたときに測定される標準水素電極に対する腐食電位が、 $+0.4 \text{ [V vs SHE]}$  以上となることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項 4】 上記感磁素子は、回転ドラムに搭載されてヘリカルスキャン方式によりテープ状の磁気記録媒体と摺動しながら磁気信号の検出を行うことを

特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行う感磁素子としてスピナルバルブ膜を用いた磁気抵抗効果型磁気ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】

磁気抵抗効果素子（以下、MR素子という。）は、外部磁界の大きさや向きにより抵抗値が変化する、いわゆる磁気抵抗効果を利用したものであり、例えば、磁気記録媒体からの信号磁界を検出するための感磁素子として、磁気ヘッド等に用いられている。

そして、このようなMR素子を備える磁気ヘッドは、一般に磁気抵抗効果型磁気ヘッド（以下、MRヘッドという。）と呼ばれている。

【0003】

このようなMR素子としては、異方性磁気抵抗効果を利用したものが従来から使用されているが、磁気抵抗変化率（MR比）が小さいために、より大きなMR比を示すものが望まれており、近年においてはスピナルバルブ膜を利用した巨大磁気抵抗効果素子（以下、GMR素子という。）が提案されている（例えば、特許文献1、特許文献1参照。）。

【0004】

GMR素子は、一对の磁性層で非磁性層を挟持してなるスピナルバルブ膜を有し、このスピナルバルブ膜に対して面内方向に流れる、いわゆるセンス電流のコンダクタンスが一对の磁性層の磁化の相対角度に依存して変化する、いわゆる巨大磁気抵抗効果を利用したものである。

具体的には、スピナルバルブ膜は、反強磁性層と、反強磁性層との間で働く交換結合磁界により所定の方向に磁化が固定された磁化固定層と、外部磁界に応じて磁化方向が変化する磁化自由層と、磁化固定層と磁化自由層との間を磁氣的に隔離する非磁性層とが積層された構造を有している。

## 【0005】

スピナルブ膜を利用したGMR素子では、外部磁界が印加されると、外部磁界の大きさや向きに応じて磁化自由層の磁化方向が変化する。そして、磁化自由層の磁化方向が磁化固定層の磁化方向に対して、逆方向（反平行）となるとき、このスピナルブ膜に流れるセンス電流の抵抗値が最大となる。一方、磁化自由層の磁化方向が磁化固定層の磁化方向に対して、同一方向（平行）となるときに、このスピナルブ膜に流れるセンス電流の抵抗値が最小となる。

## 【0006】

従って、上述したようなGMR素子を備える磁気ヘッド（以下、GMRヘッドという。）においては、GMR素子に対して一定のセンス電流を供給すると、磁気記録媒体からの信号磁界に応じて、このGMR素子を流れるセンス電流の電圧値が変化することになり、このセンス電流の電圧値の変化を検出することによって、磁気記録媒体からの磁気信号を読み取ることが可能となる。

## 【0007】

## 【非特許文献1】

フィジカル・レビュー・ビー(Physical Review B)、第43巻、第1号、  
p1297～p1300「軟磁性多層膜における巨大磁気抵抗効果」  
(Giant Magnetoresistance in Soft Ferromagnetic Multilayers)

## 【特許文献1】

特開平8-111010号公報

## 【0008】

上記特許文献1には、GMRヘッドをハードディスクドライブに利用する例が開示されている。

ハードディスクドライブは、例えばサスペンションの先端部に取り付けられたヘッドスライダにGMRヘッドが搭載された構造を有し、磁気ディスクの回転により生じる空気流を受けて、ヘッドスライダが磁気ディスクの信号記録面上を浮上しながら、このヘッドスライダに搭載されたGMRヘッドが磁気ディスクに記録された磁気信号を読み取ることによって、磁気ディスクに対する再生動作が行われる。

## 【 0 0 0 9 】

上記GMRヘッドは、磁気ディスク装置に限らず、近年においてはテープストリーマ等の磁気テープ装置についての利用も検討されている。

例えばヘリカルスキャン方式を採用するテープストリーマにおいては、回転ドラムの外周面部にGMRヘッドが磁気テープの走行方向と略直交する方向に対してアジマス角に応じて斜めとなるように配置された構造を有する。

そして、磁気テープが回転ドラムに対して斜めに走行しながら、回転ドラムが回転駆動し、この回転ドラムに搭載されたGMRヘッドが磁気テープと摺動しながら、磁気テープに記録された磁気信号を読み取ることによって、磁気テープに対する再生動作が行われる。

## 【 0 0 1 0 】

テープストリーマにおいては、GMRヘッドと磁気テープとの間の距離、いわゆるスペーシングを小さくすることが好ましいため、この観点からは磁気テープの表面は、平滑化することが望ましい。

## 【 0 0 1 1 】

しかしながら、磁気テープの表面が鏡面化するに従って、磁気テープと回転ドラムの外周面部との接触面積が増加し、走行時において磁気テープと回転ドラムとの間に働く摩擦力が大きくなり、磁気テープと回転ドラムとの貼り付きが生じて、磁気テープのスムーズな走行が困難となる。

そこで、磁気テープの表面には、 $\text{SiO}_2$ フィラーや有機フィラー等により微小突起を設けることにより、回転ドラムの外周面部との接触面積を小さくし、磁気テープと回転ドラムとの間に働く摩擦力を小さくする等の工夫がなされている。

また、磁気テープの表面には、傷や腐食等の発生を防止するためのDLC膜等の保護膜が形成されている。

## 【 0 0 1 2 】

ところで、上述したハードディスクドライブにおいては、GMRヘッドが磁気ディスクの信号記録面に対して非接触な状態で再生動作が行われる。また、スピンドル膜を構成する非磁性層には通常Cuが用いられており、磁気ディスクと

## 【0053】

また、本腐食試験においては、参照電極として  $\text{Ag} \cdot \text{AgCl}$  を用い、測定電極として  $\text{Pt}$  を用い、室温（約  $20^\circ\text{C}$ ）での腐食電位の測定を行った。そして、測定された腐食電位から標準水素電極（ $\text{SHE}$ ）への補正を行い、これを本腐食試験における腐食電位とした。なお、測定時の電位上昇速度は、約  $0.5 \text{ mV/sec}$  である。サンプルの膜厚は約  $100 \text{ nm}$  であり、 $\text{NaCl}$  溶液の  $\text{pH}$  は 7 であった。

## 【0054】

また、腐食電位及び腐食試験前後の抵抗変化については、膜特性を調べるため、スピバルブ膜 40 を構成する各層の単層膜での測定、あるいは局部電池効果等を考慮した膜の相性を調べるため、スピバルブ膜 40 の要部となる磁化固定層 43 及び磁化自由層 45 を非磁性層 44 を介して積層した積層膜での測定、あるいはスピバルブ膜 40 の各層を積層した積層膜での測定のいずれの測定方法も適用できる。

## 【0055】

また、表面観察においては、上述した単層膜での試験、並びに局部電池効果を考慮して、腐食電位の高い金属、例えば  $\text{Au}$  からなる下地膜上に各層を積層した積層膜での試験を行った。これは、局部電池効果によって  $\text{Au}$  と接する積層膜の方が単層膜よりも腐食が発生しやすい傾向にあるためである。

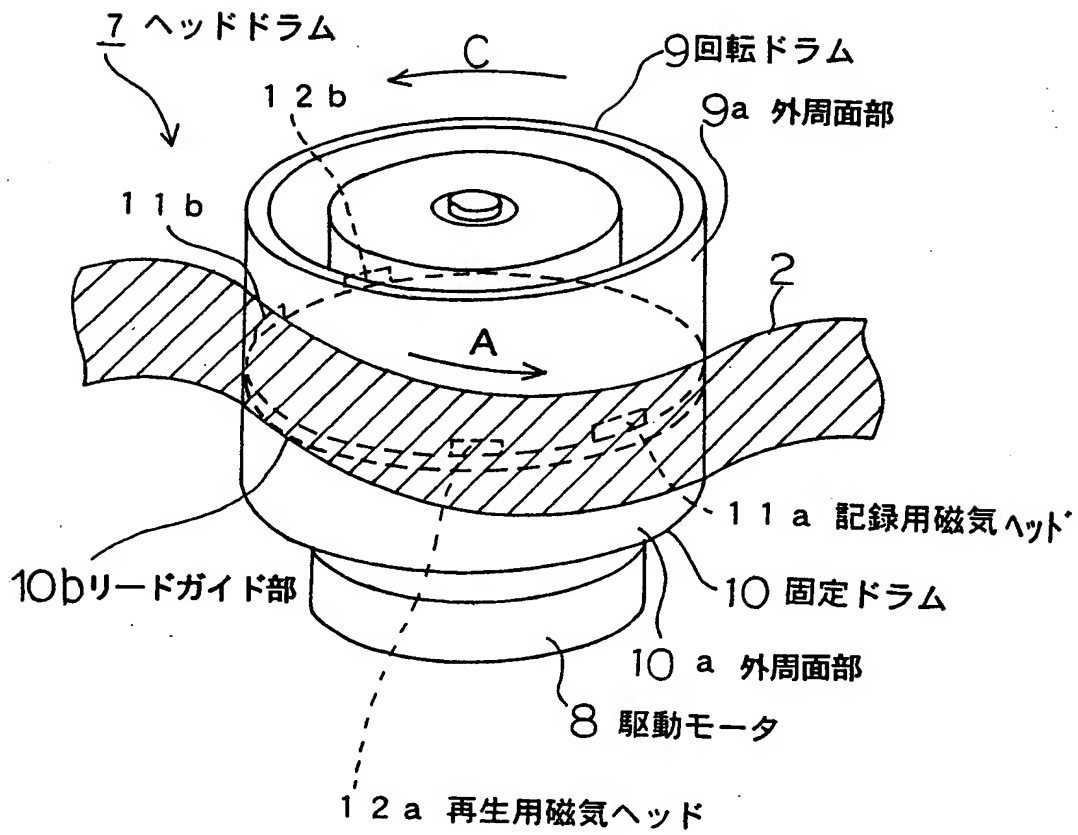
## 【0056】

スピバルブ膜 40 について複数のサンプルを作製し、これらについて上記のようにして測定した腐食電位と腐食試験前後の抵抗変化との関係、並びに表面観察結果に関し図 7 に示す。なお、図 7 においては、○は表面に変化が生じなかった場合を示し、△は表面に僅かに変色が発生した場合を示し、×は表面に腐食が発生した場合を示す。

## 【0057】

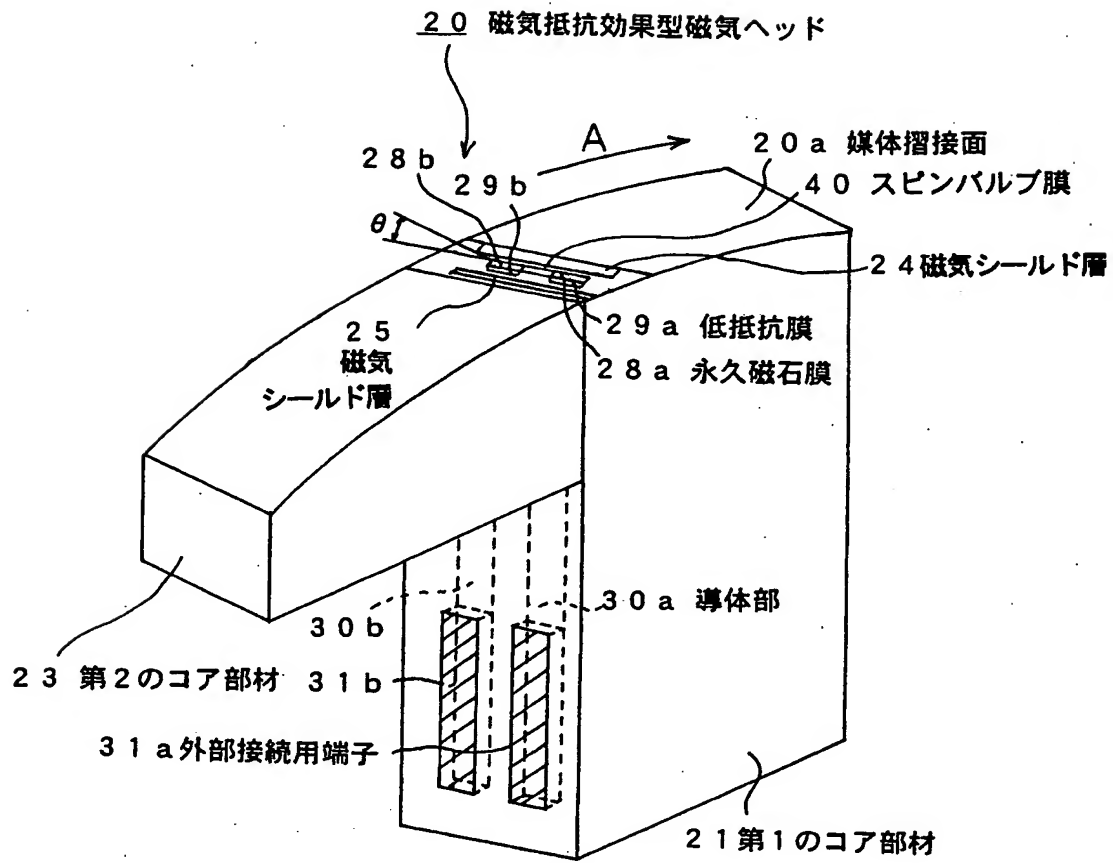
図 7 に示すように、腐食試験前後の抵抗変化及び表面観察結果によれば、腐食電位  $+0.4 \text{ [V vs SHE]}$  を境にして、大きく変化する。すなわち、腐食電位が  $+0.4 \text{ [V vs SHE]}$  以上となるときは、スピバルブ膜 40 の表面に腐食の発

【図2】

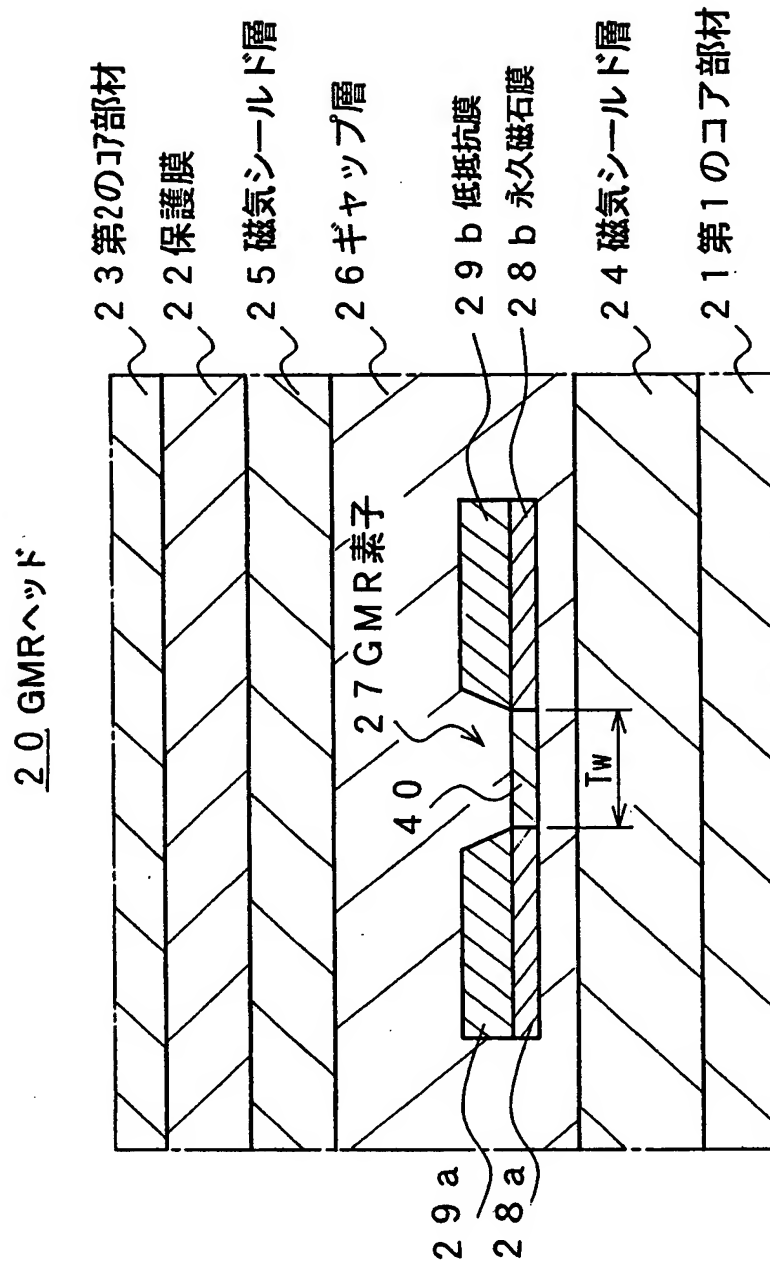




【図 3】

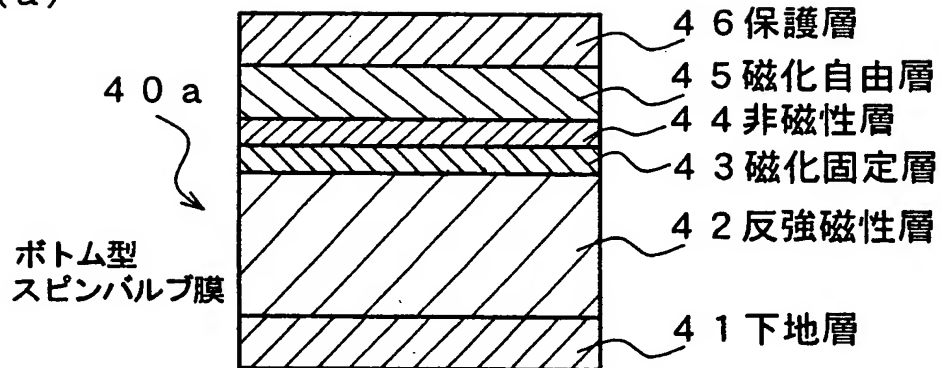


【図 4】

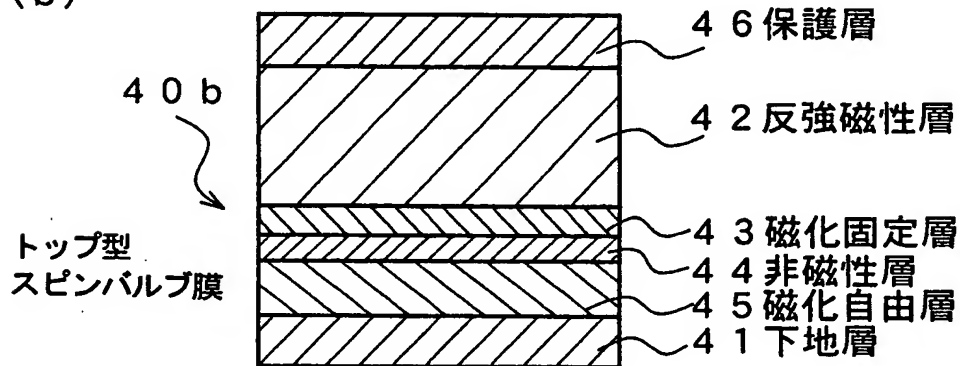


【図 5】

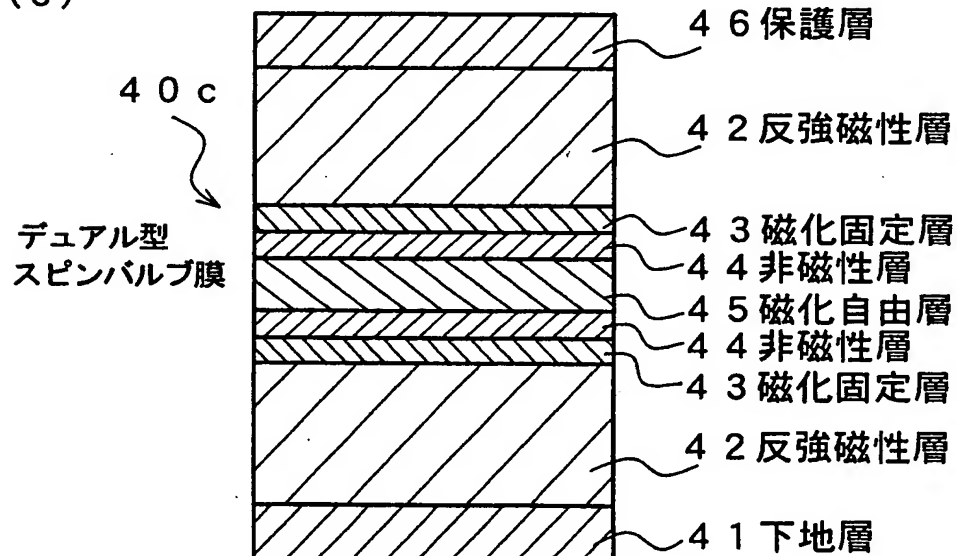
(a)



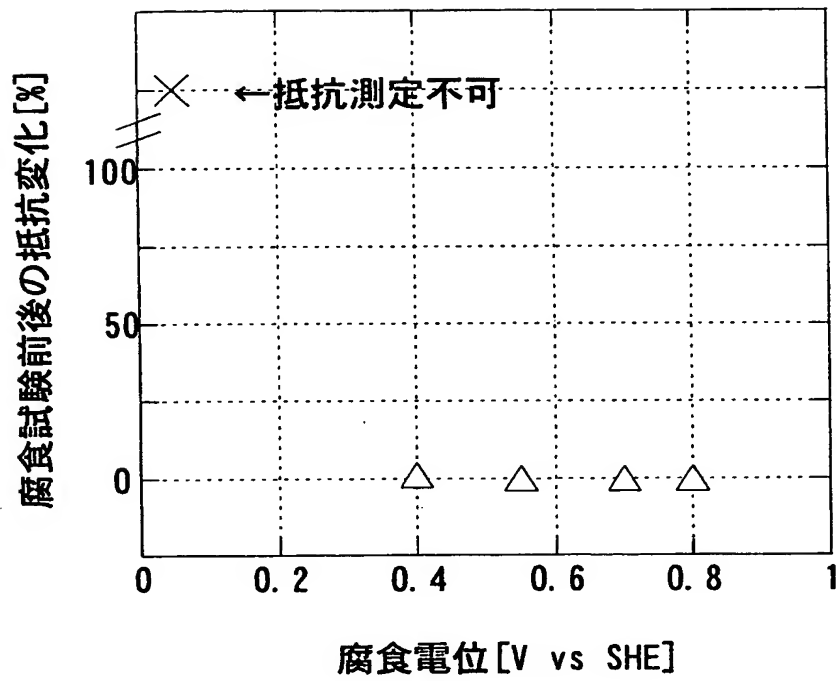
(b)



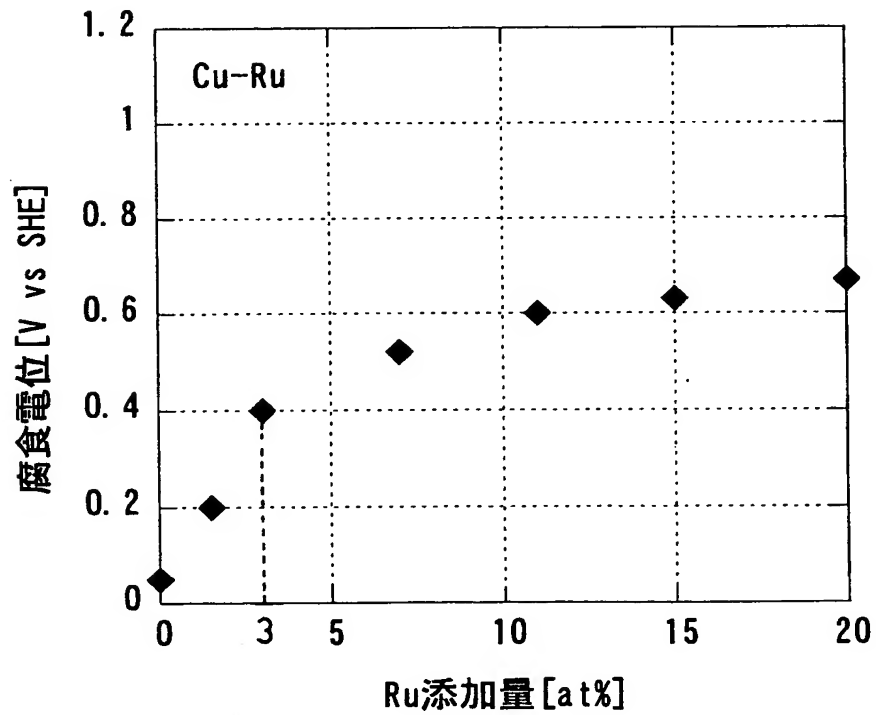
(c)



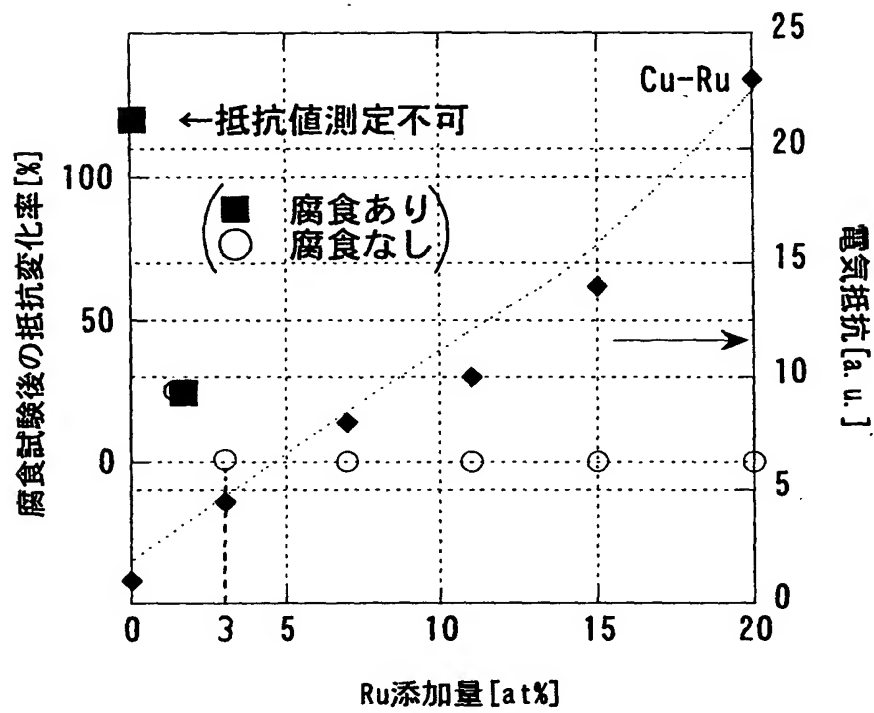
【図 6】



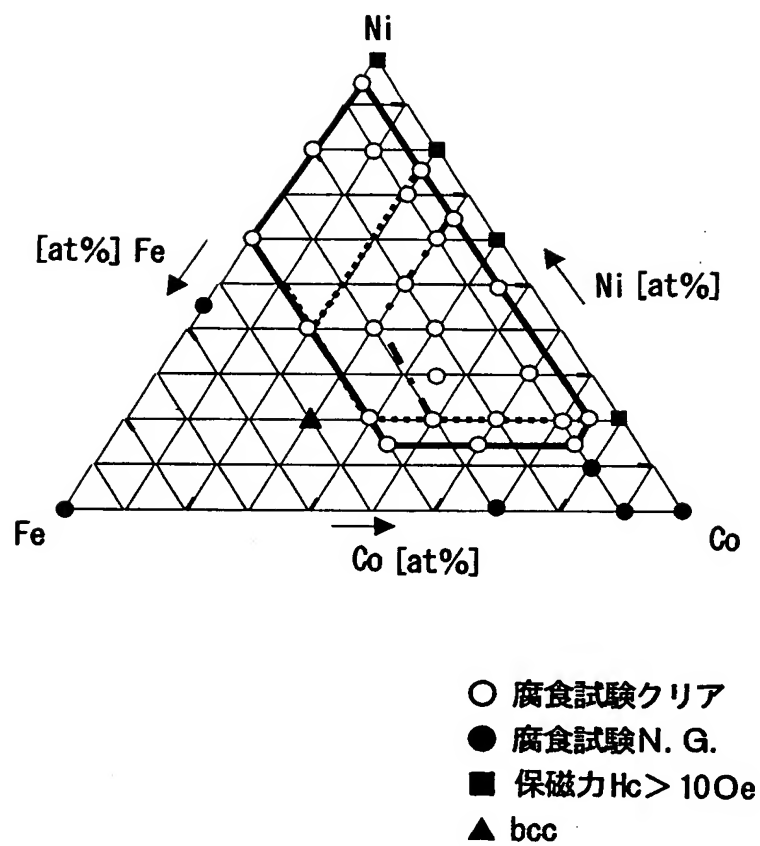
【図 7】



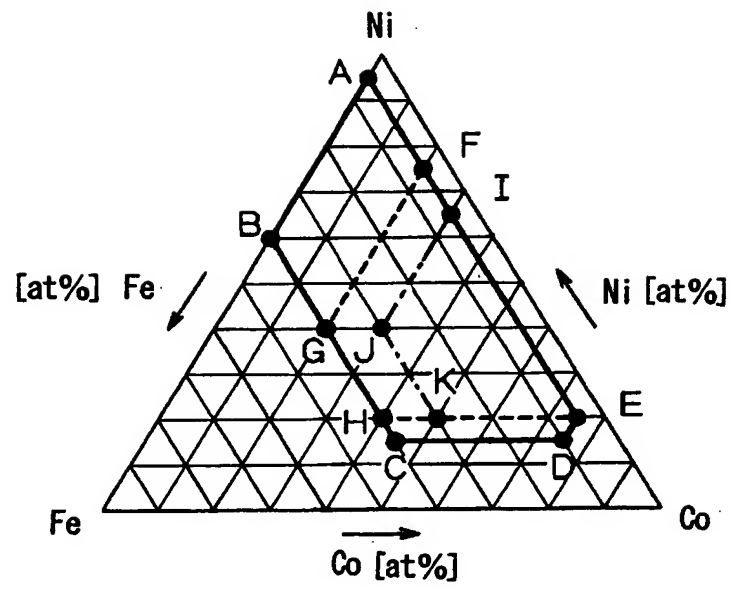
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 磁気抵抗効果型磁気ヘッドの媒体摺接面に腐食の発生を防止する。

【解決手段】 磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行う感磁素子としてスピナルバルブ膜 4 0 を用い、スピナルバルブ膜を構成する層のうち、非磁性層が、C u R u により形成されているものとし、C u と R u との組成比を数値的に特定し、さらに磁化固定層および磁化自由層を、N i F e または C o N i F e からなるものとし、C o 、N i 、F e の組成比を数値的に特定する。

【選択図】 図 3



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号  
氏 名 ソニー株式会社

対向する GMR ヘッドの媒体対向面には、この Cu の腐食を防止するための DLC (Diamond Like Carbon) 膜等の保護膜が形成されている。

【 0 0 1 3 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、現在 GMR ヘッドの適用が検討されているテープストリーマにおいては、GMR ヘッドが磁気テープに対して接触した状態で再生動作を行うことから、磁気テープと摺動される GMR ヘッドの媒体摺動面に上述した腐食等の発生を防止するための保護膜が形成されていると、再生動作時に磁気テープの表面に形成された微小突起や保護膜との接触によって保護膜が摩耗する。

さらに、GMR ヘッドの媒体摺動面に形成された保護膜は、磁気テープとのスペーシングとなることから、GMR ヘッドの短波長記録再生特性を劣化させる原因になる。

【 0 0 1 4 】

従って、テープストリーマ等の磁気テープ装置においては、GMR ヘッドの媒体摺動面に保護膜を形成することは不適當であると考えられる。

このため、磁気テープ装置においては、GMR ヘッドの媒体摺動面が直接大気と触れることになり、高温高湿下や海水雰囲気中において腐食等が発生しやすくなるといった問題があった。

【 0 0 1 5 】

また、GMR ヘッドの感度は、スピバルブ膜に流れるセンス電流により決定される。また、このスピバルブ膜を構成する各層の膜厚は nm オーダで形成されており、各層に僅かな腐食が発生しただけでも、各層の電気抵抗が変化してしまう。従って、GMR ヘッドの媒体摺動面における腐食の発生は、この GMR ヘッドのヘッド特性を大幅に劣化させてしまう。

【 0 0 1 6 】

上記特許文献 1 においては、ハードディスクに適用する磁気抵抗効果型磁気ヘッドについての耐腐食性を改善させる検討がなされてはいるが、ハードディスク装置においては、磁気ヘッドが媒体上を直接摺動することがないため、磁気ヘッドの摩擦によるダメージ量は、テープシステムの方が大きいことが明らかである

また、ハードディスク装置においては、媒体が外気にさらされることなく、パッケージングによって密閉状態となっていることから、微細な粉塵等による磁気ヘッドの破損の影響に関してもテープシステムの方が、より深刻であると考えられる。よって、磁気テープ装置に適用するGMRヘッドの耐腐食性に関する向上を図ることは、ハードディスクドライブ以上に重要であると言える。

## 【 0 0 1 7 】

そこで本発明においては、上述した問題点に鑑みて、特に磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行う感磁素子として優れた耐食性を有し、かつ高い磁気抵抗変化率を維持したスピバルブ膜を備えることによって、磁気録媒体に対する適切な再生動作を行うことを可能とした磁気抵抗効果型磁気ヘッドを提供することとした。

## 【 0 0 1 8 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明に係る磁気抵抗効果型磁気ヘッドは、磁気記録媒体と摺接しながら磁気信号の検出を行う感磁素子が、反強磁性層と、反強磁性層との間で働く交換結合磁界により所定の方向に磁化が固定された磁化固定層と、外部磁界に応じて磁化方向が変化する磁化自由層と、磁化固定層と磁化自由層との間を磁氣的に隔離する非磁性層とが積層された構成を有するスピバルブ膜を備えるものである。非磁性層はCuRuからなり、Cu、Ruの組成比を、それぞれ $(100-a)$ 、 $a$  ( $a$ は、原子%を表す。)としたときに、組成範囲は $3 \leq a \leq 15$ であり、磁化固定層及び磁化自由層は、NiFeまたはCoNiFeからなり、Co、Ni、Feの組成比を、それぞれ $b$ 、 $c$ 、 $d$  ( $b$ 、 $c$ 、 $d$ は、それぞれ原子%を表す。)としたときに、その組成範囲が、 $0 \leq b \leq 75$ 、 $15 \leq c \leq 95$ 、 $5 \leq d \leq 40$  ( $b+c+d=100$ 原子%)となるものとする。

## 【 0 0 1 9 】

本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドによれば、非磁性層がCuRuから形成されているものとし、CuとRuの組成比をそれぞれ数値的に最適な範囲に特定し、かつ、磁化固定層と磁化自由層として、NiFeまたはCoNiFeを用い、

N i F e または C o N i F e の組成比をそれぞれ数値的に最適な範囲に特定することによって、優れた耐食性が得られ、かつ高い磁気抵抗効果を実現できる。よって本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドによれば、テープストリーマに適用する場合においても、磁気記録媒体と摺接される面に保護膜を形成しなくても、優れた耐食性を得ることができる。

#### 【 0 0 2 0 】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドについて、図面を参照して詳細に説明する。

#### 【 0 0 2 1 】

先ず、本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドを適用する磁気テープ装置の一例について説明する。

図 1 に示す磁気テープ装置 1 は、ヘリカルスキャン方式によって磁気テープ 2 に対して信号の記録及び／又は再生を行うものである。

この磁気テープ装置 1 においては、磁気テープ 2 を供給する供給リール 3 と、供給リール 3 から供給された磁気テープを巻き取る巻取リール 4 と、供給リール 3 と巻取リール 4 との間で磁気テープ 2 の引き回しを行う複数のガイドローラ 5 a ～ 5 f とを具備し、磁気テープ 2 が図中矢印 A 方向に走行するようになっている。

#### 【 0 0 2 2 】

また、ガイドローラ 5 e とガイドローラ 5 f との間には、テープ走行手段として、磁気テープ 2 が掛け合わされるピンチローラ 5 g と、このピンチローラ 5 g と共に磁気テープ 2 を挟み込むキャップスタン 6 と、このキャップスタン 6 を回転駆動するキャップスタンモータ 6 a とが設けられている。

磁気テープ 2 は、ピンチローラ 5 g とキャップスタン 6 との間に挟みこまれ、キャップスタンモータ 6 a によりキャップスタン 6 が、図 1 中矢印 B 方向に回転駆動することにより、矢印 A 方向に一定の速度および張力で走行するようになっている。

#### 【 0 0 2 3 】

磁気テープ装置 1 は、ガイドローラ 5 c と 5 d との間に、磁気テープ 2 に対して信号の記録動作、再生動作を行うヘッドドラム 7 が設けられている。

このヘッドドラム 7 は、図 2 に示すように、駆動モータ 8 により図 2 中矢印 A 方向に回転駆動する回転ドラム 9 と、回転ドラム 9 の外周面部 9 a と連続した外周面部 1 0 a と、ベース（図示せず）に固定された固定ドラム 1 0 とを有している。

#### 【 0 0 2 4 】

磁気テープ 2 は、図 1 に示したガイドローラによって導かれ、回転ドラム 9 および固定ドラム 1 0 の外周面部 9 a、1 0 a に、略 1 8 0° の角度範囲でヘリカル状に巻きつけられた状態で走行するようになされている。

また、固定ドラム 1 0 の外周面部 1 0 a には、磁気テープ 2 を案内するリードガイド 1 0 b が設けられており、このリードガイド 1 0 b に沿って磁気テープ 2 が回転ドラム 9 の回転方向に対して斜めに走行するようになっている。

#### 【 0 0 2 5 】

回転ドラム 9 の外周面部 9 a には、磁気テープ 2 に対して信号の記録動作を行う一対の記録用磁気ヘッド 1 1 a、1 1 b と、磁気テープ 2 に対して信号の再生動作を行う一対の再生用磁気ヘッド 1 2 a、1 2 b とが取り付けられている。

これら記録用磁気ヘッド 1 1 a および再生用磁気ヘッド 1 2 a と、記録用磁気ヘッド 1 1 b および再生用磁気ヘッド 1 2 b とは、互いに 1 8 0° の位相差をもって回転ドラム 9 の外周面部 9 a に対向配置されている。

また、記録用磁気ヘッド 1 1 a、1 1 b および再生用磁気ヘッド 1 2 a、1 2 b は、その記録ギャップおよび再生ギャップが、磁気テープ 2 の走行方向と略直交する方向に対してアジマス角に応じて斜めとなるように配置されている。

#### 【 0 0 2 6 】

従って、ヘッドドラム 7 においては、回転ドラム 9 及び固定ドラム 1 0 の外周面部 9 a、1 0 a に掛け合わされた磁気テープが図 2 中矢印 A 方向に走行しながら、駆動モータ 8 により回転ドラム 9 が図 2 中矢印 C 方向に回転駆動することによって、回転ドラム 9 に搭載された一対の記録用磁気ヘッド 1 1 a、1 1 b および一対の再生用磁気ヘッド 1 2 a、1 2 b が磁気テープ 2 と摺動しながら、信号

の記録動作又は再生動作を行うことになる。

【 0 0 2 7 】

具体的に、記録時には磁気テープ 2 に対して一方の記録用磁気ヘッド 1 1 a が、記録信号に応じた磁界を印加しながら所定のトラック幅で記録トラックを形成し、他方の記録用磁気ヘッド 1 1 b が、この記録トラックに隣接して記録信号に応じた磁界を印加しながら所定のトラック幅で記録トラックを形成する。

そして、これら記録用磁気ヘッド 1 1 a、1 1 b が磁気テープ 2 に対して繰り返し記録トラックを形成することによって、磁気テープ 2 に対して連続的に信号を記録することになる。

【 0 0 2 8 】

一方、再生時には、磁気テープ 2 に対して、一方の再生用磁気ヘッド 1 2 a が、記録用磁気ヘッド 1 1 a により記録された記録トラックから信号磁界を検出し、他方の再生用磁気ヘッド 1 2 b が、記録用磁気ヘッド 1 1 b により記録された記録トラックから信号磁界を検出する。

そして、これら再生用磁気ヘッド 1 2 a、1 2 b が記録トラックから繰り返し信号磁界を検出することによって、磁気テープ 2 に記録された信号を連続的に再生することになる。

【 0 0 2 9 】

次に、図 3 および図 4 を参照して、本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドについて詳細に説明する。

【 0 0 3 0 】

図 3 に示す磁気抵抗効果型磁気ヘッド 2 0 は、磁気記録媒体からの磁気信号の検出を行う感磁素子として、スピバルブ膜を利用した巨大磁気抵抗効果素子（以下、GMR 素子という。）を備える、いわゆる巨大磁気抵抗効果型磁気ヘッド（以下、GMR ヘッドという。）である。

【 0 0 3 1 】

この GMR ヘッド 2 0 は、電磁誘導を利用して記録再生を行うインダクティブ型磁気ヘッドや異方性磁気抵抗効果型磁気ヘッドよりも感度が高く、再生出力が大きく高密度記録に適している。従って、上述した磁気テープ用記録再生装置 1

においては、GMRヘッド20を一对の再生用磁気ヘッド12a、12bに用いることにより、さらなる高密度記録化が図られる。

#### 【0032】

具体的には、再生用磁気ヘッド12a、12bは、図3、図4に示すように、第1のコア部材21上に、各種薄膜形成技術により磁気シールド層24、GMR素子27、ギャップ層26、およびシールド層25が順次形成されてなり、保護膜22を介して第2のコア部材23が貼り付けられた構造を有している。

また、一对の再生用磁気ヘッド（GMRヘッド20）は、磁気テープ2と摺接する媒体摺接面20aが、図3中矢印Aに示す磁気テープ2の走行方向に沿って略円弧状に湾曲した曲面となっている。

そして、GMRヘッド20は、この媒体摺接面20aから外部に臨む再生ギャップが磁気テープ2の走行方向と略直交する方向に対してアジマス角 $\theta$ に応じて斜めとなるように配置されている。

#### 【0033】

なお、一对の再生用磁気ヘッド12a、12bは、互いのアジマス角 $\theta$ が逆位相となる以外は、同一の構成を有している。従って、以下の説明においては、これら一对の再生用磁気ヘッド12a、12bをまとめてGMRヘッド20として説明する。

#### 【0034】

このGMRヘッド20は、図4に示すように上下一対の磁気シールド層24、25の間にギャップ層26を介してGMR素子27が挟み込まれた構造を有している。

#### 【0035】

一对の磁気シールド層24、25は、GMR素子27を磁氣的にシールドするのに十分な幅を有する軟磁性膜からなり、ギャップ層26を介してGMR素子27を挟み込むことにより、磁気テープ3からの信号磁界のうち、再生対象外の磁界がGMR素子27に引き込まれないように機能する。すなわち、このGMRヘッド20では、GMR素子27に対して再生対象外の信号磁界が一对の磁気シールド層24、25に導かれ、再生対象の信号磁界だけがGMR素子27へと導か

れる。これにより、GMR素子27の周波数特性及び読み取り分解能の向上が図られている。

【0036】

ギャップ層26は、GMR素子27と一对の磁気シールド層24、25との間を磁氣的に隔離する非磁性非導電性膜からなり、一对の磁気シールド層24、25とGMR素子27との間隔がギャップ長となる。

【0037】

GMR素子27は、スピバルブ膜40に対して面内方向に流れるセンス電流のコンダクタンスが、一对の磁性層の磁化の相対角度に依存して変化する、いわゆる巨大磁気抵抗効果を利用したものである。

【0038】

スピバルブ膜40としては、例えば、図5(a)に示すように、下地層41、反強磁性層42、磁化固定層43、非磁性層44、磁化自由層45、および保護層46が、順次積層された構造を有するボトム型のスピバルブ膜40aや、図5(b)に示すように、下地層41、磁化自由層45、非磁性層44、磁化固定層43、反強磁性層42、および保護層46が、順次積層された構造を有するトップ型のスピバルブ膜40b、図5(c)に示すように、下地層41、反強磁性層42、磁化固定層43、非磁性層44、磁化自由層45、非磁性層44、磁化固定層43、反強磁性層42、および保護層46が、順次積層された構造を有するデュアル型のスピバルブ膜40c等を挙げることができる。

【0039】

スピバルブ膜を構成する磁化固定層43は、反強磁性層42に隣接して配置されることによって、反強磁性層42との間で働く交換結合磁界により、所定の方向に磁化が固定された状態となっている。

一方、磁化自由層45は、非磁性層44を介して磁化固定層43と磁氣的に隔離されることによって、微弱な外部磁界に対して磁化方向が容易に変化することが可能となっている。

【0040】

従って、スピバルブ膜40では、外部磁界が印加されると、この外部磁界の



大きさや向きに応じて、磁化自由層 4 5 の磁化方向が変化する。そして、磁化自由層 4 5 の磁化方向が磁化固定層 4 3 の磁化方向に対して、逆方向（反平行）となるとき、このスピバルブ膜 4 0 に流れる電流の抵抗値が最大となる。

一方、磁化自由層 4 5 の磁化方向が磁化固定層 4 3 の磁化方向に対して、同一方向（平行）となるときに、このスピバルブ膜 4 0 に流れる電流の抵抗値が最小となる。

#### 【 0 0 4 1 】

このように、スピバルブ膜 4 0 は、印加される外部磁界に応じて電気抵抗が変化することから、この抵抗変化を読み取ることによって磁気テープ 2 からの磁気信号を検出する感磁素子として機能している。

#### 【 0 0 4 2 】

なお、下地層 4 1 及び保護層 4 6 は、このスピバルブ膜 4 0 の比抵抗の増加を抑制するためのものであり、例えば T a 等からなる。

#### 【 0 0 4 3 】

また、この GMR 素子 2 7 の動作の安定化を図るため、スピバルブ膜 4 0 の長手方向の両端部には、図 3 および図 4 に示すように、この GMR 素子 2 7 にバイアス磁界を印加するための一対の永久磁石膜 2 8 a、2 8 b が設けられている。

そして、これら一対の永久磁石膜 2 8 a、2 8 b に挟み込まれた部分の幅が、GMR 素子 2 7 の再生トラック幅 T w となっている。

さらに、一対の永久磁石膜 2 8 a、2 8 b 上には、この GMR 素子 2 7 の抵抗値を減少させるための一対の低抵抗化膜 2 9 a、2 9 b が設けられている。

#### 【 0 0 4 4 】

また、GMR 素子 2 7 には、スピバルブ膜にセンス電流を供給するための一対の導体部 3 0 a、3 0 b が、その一端部側をそれぞれ一対の永久磁石膜 2 8 a、2 8 b、および低抵抗化膜 2 9 a、2 9 b に接続するように設けられている。

また、導体部 3 0 a、3 0 b の他端部側には、外部回路と接続される一対の外部接続用端子 3 1 a、3 1 b が設けられている。

#### 【 0 0 4 5 】

保護膜 2 2 は、GMR ヘッド 2 0 が形成された第 1 のコア部材 2 1 の主面を外部接続用端子 3 1 a、3 1 b が外部に臨む部分を除いて被覆すると共に、この GMR ヘッド 2 0 が形成された第 1 のコア部材 2 1 と第 2 のコア部材 2 3 とを接合する。

## 【 0 0 4 6 】

なお、図 3 および図 4 に示す GMR ヘッド 2 0 は、特徴をわかりやすくするために、GMR 素子 2 7 の周辺を拡大して図示されているが、実際には、第 1 のコア部材 2 1 および第 2 のコア部材 2 3 に比較して GMR 素子 2 7 の部分は非常に微細であり、媒体摺動面 2 0 a において、GMR ヘッド 2 0 が外部に臨むのは、ほとんど第 1 のコア部材 2 1 と第 2 のコア部材 2 3 とが突き合わされた上部端面だけである。

## 【 0 0 4 7 】

上述したように構成される GMR ヘッド 2 0 は、チップベース（図示せず）に貼り付けると共に、一对の外部接続用端子 3 1 a、3 1 b がチップベースに設けられた接続端子と電氣的に接続される。

そして、チップベースに設けられた GMR ヘッド 2 0 は、一对の再生用磁気ヘッド 1 2 a、1 2 b として、図 2 に示す回転ドラム 9 に取り付けられる。

## 【 0 0 4 8 】

ところで、磁気テープ装置 1 においては、GMR ヘッド 2 0 が磁気テープ 2 に対して接触した状態で再生動作を行うことから、磁気テープ 2 と摺動する GMR ヘッドの媒体摺動面 2 0 a に、DLC (Diamond Like Carbon) 膜等の保護膜を形成することができない。このため、従来の磁気テープ装置では、GMR ヘッドの媒体摺動面が直接大気と触れることになり、高温高湿下や海水雰囲気中において腐食等が発生しやすくなるといった問題があった。

## 【 0 0 4 9 】

かかる点に鑑みて、本発明の GMR ヘッド 2 0 は、磁気テープ 2 と摺動する媒体摺動面 2 0 a に保護膜を形成しない場合においても、優れた耐食性を示し、かつ高い磁気抵抗変化率を維持したスピンバルブ膜を適用することによって、磁気テープ 2 に対する適切な再生動作を行うことを可能としている。

## 【0050】

具体的には、スピバルブ膜40を構成する反強磁性層42としては、優れた耐食性を示すPtMnを適用する。

また、反強磁性層42は、PtMnの他、耐食性に優れたNiOや、IrMn、CrMnPt、 $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、RhMn、NiMn、PdPtMn等を適用することができる。

## 【0051】

本発明においては特に、スピバルブ膜40を構成する非磁性層44として、優れた耐食性を示し且つ高導電性を示すCuRuを適用する。

非磁性層44が、CuRuにより構成されるものとするときには、CuとRuとの組成比は、それぞれ(100-a)、a(aは、原子%を表す。)としたとき、 $3 \leq a \leq 15$ となることが好ましい。

## 【0052】

ここで、上述したスピバルブ膜40について、電気化学的手法を用いた腐食試験を行い、腐食試験前後における磁気抵抗の変化について測定すると共に、腐食試験後に表面観察を行い、腐食の発生の有無について調べた。

なお、本腐食試験においては、標準水素電極(SHE: Standard Hydrogen Electrode)を照合電極として、濃度0.1kmol/LのNaCl溶液中に液浸させたときに測定される標準水素電極に対する腐食電位について測定した。

## 【0053】

ところで、腐食電位は、溶液の種類や濃度によって変化する。特に、金属や合金の腐食電位は、Clとの反応の有無によって大きく変化する。したがって、本腐食試験では、高温高湿下、海水雰囲気中における腐食の発生を防ぐために、NaCl溶液を用いた場合の腐食電位について測定した。

## 【0054】

また、本腐食試験では、参照電極としてAg・AgClを用い、測定電極としてPtを用い、室温(約20℃)での腐食電位の測定を行った。そして、測定された腐食電位から標準水素電極(SHE)への補正を行い、これを本腐食試験における腐食電位とした。なお、測定時の電位上昇速度は、約0.5mV/secである

## 【0055】

また、腐食電位及び腐食試験前後の抵抗変化については、膜特性を調べるため、スピバルブ膜40を構成する各層の単層膜での測定、或いは局部電池効果等を考慮した膜の相性を調べるため、スピバルブ膜40の要部となる磁化固定層43及び磁化自由層45を非磁性層44を介して積層した積層膜での測定、或いはスピバルブ膜40の各層を積層した積層膜での測定のいずれの測定方法により測定されたものであってもよい。なお、ここでは、スピバルブ膜40を構成する各層の単層膜での測定により腐食電位及び腐食試験前後の抵抗変化を求めた。

## 【0056】

また、表面観察においては、上述した単層膜での試験、並びに局部電池効果を考慮して、腐食電位の高い金属、例えばAuからなる下地膜上に各層を積層した積層膜での試験を行った。これは、局部電池効果によってAuと接する積層膜の方が単層膜よりも腐食が発生しやすい傾向にあるためである。

## 【0057】

上記のようにして測定した腐食電位と腐食試験前後の抵抗変化との関係、並びに表面観察結果を図6に示す。なお、図6において○は表面に変化が生じなかった場合を示し、△は表面が僅かに変色した場合を示し、×は表面に腐食が発生した場合を示す。

## 【0058】

図6に示すように、腐食試験前後の抵抗変化及び表面観察結果は、腐食電位が+0.4 [V vs SHE] 以上になると、スピバルブ膜40の表面における腐食の発生が低減化が図られ、腐食試験前後の抵抗変化も殆ど無くなることがわかった。

一方、腐食電位が+0.4 [V vs SHE] よりも低くなると、スピバルブ膜40の表面に腐食が発生し、腐食試験前後の抵抗変化が急激に増加した。そして、さらに腐食電位が低くなると、抵抗測定が不可能な状態まで腐食が進行した。

## 【0059】

上述したことから、スピバルブ膜 4 0 においては、濃度 0. 1 kmol/L の NaCl 溶液中に液浸された後に測定される標準水素電極に対する腐食電位は、+ 0. 4 [V vs SHE] 以上となることが好ましい。これにより、GMR ヘッドではスピバルブ膜の腐食の発生が回避され、高い磁気抵抗変化率が維持される。

## 【 0 0 6 0 】

次に、スピバルブ膜を構成する非磁性層 4 4 を、CuRu により形成した場合の、Cu と Ru との組成比と腐食電位との関係について調べた。

## 【 0 0 6 1 】

Cu に対する Ru の添加量を変化させた際の非磁性層 4 4 の標準水素電極に対する腐食電位 [V vs SHE] の測定結果を図 7 に示す。

なお、腐食電位の測定方法に関しては、上述したスピバルブ膜の例と同様とした。

## 【 0 0 6 2 】

図 7 に示すように、Cu に対する Ru の添加量が増加すると、腐食電位が高くなるという関係にあり、Ru の添加量を 3 原子% 以上とすることによって、上述した標準水素電極に対する腐食電位 [V vs SHE] が、+ 0. 4 [V vs SHE] 以上となることがわかった。

## 【 0 0 6 3 】

次に、上述した腐食試験前後における非磁性層 4 4 の磁気抵抗の変化と、表面観察結果、および電気抵抗を、非磁性層 4 4 を CuRu により構成した場合を図 8 に示した。

なお、図 8 においては、○は表面に変化が生じなかった場合を示し、■は、表面に腐食が発生した場合を示す。電気抵抗は Cu との比率で表した。

## 【 0 0 6 4 】

図 8 に示すように非磁性層 4 4 を CuRu により構成した場合には、腐食試験の前後の抵抗変化の測定結果および表面観察結果から、Ru を 3 原子% 以上添加することにより、腐食が発生せず、優れた耐食性が得られることがわかった。

## 【 0 0 6 5 】

なお、図 8 中◆に示すように、CuRu の電気抵抗は、Ru の添加量の増加に

伴い高くなることがわかる。

Ruの添加量が15原子%を越えると、非磁性層44の電気抵抗がスピバルブ膜の実用上の支障を来たす程度に高くなり磁気抵抗効果が低下する。このことから、更に電気抵抗値を実用上良好な値となるように低減化するためには、Ruの添加量は10原子%以下程度とすることが望ましい。

上述したように、非磁性層44をCuRuにより形成する場合には、Cu、Ruの組成比を、それぞれ $(100 - a)$ 、 $a$  ( $a$ は、原子%を表す。)としたとき、その組成範囲は $3 \leq a \leq 15$ とすることが好ましく、さらには $3 \leq a \leq 10$ とすることが望ましい。

#### 【0066】

非磁性層44について、上述したような組成、および組成比とすることにより、GMRヘッド20の媒体摺動面20aに保護膜を形成しない場合においても、非磁性層44の腐食の発生を防ぎ、優れた耐食性と優れた磁気抵抗効果を得ることが可能となる。

#### 【0067】

なお、非磁性層44は、上述したような組成比からなるCuRuに、Au、Al、Ta、In、B、Nb、Hf、Mo、W、Re、Pt、Pd、Rh、Ga、Zr、Ir、Ag、Niから選ばれる少なくとも一種または二種以上の元素が添加されたものであってもよい。

#### 【0068】

次に、スピバルブ膜40を構成する磁化固定層43及び磁化自由層45について説明する。

磁化固定層43及び磁化自由層45は、優れた耐食性を示し、かつ良好な軟磁気特性を示すNiFeまたはCoNiFeを適用する。これらはどちらか一方でもよく、組合せてもよい。

また、磁化固定層43及び磁化自由層45は、これらの合金を積層した積層構造、もしくはこれらの合金と、例えばRu等からなる非磁性膜とを交互に積層した積層フェリ構造としてもよい。

#### 【0069】

磁化固定層 4 3 及び磁化自由層 4 5 に関して、C o、N i、F e の組成比を変化させた N i F e、または C o N i F e のサンプルを作製し、各サンプルについて、上述した方法と同様に N a C l 水溶液による腐食試験を行い、腐食試験後に表面観察を行い、腐食の発生の有無について調べた。

## 【 0 0 7 0 】

図 9 に、C o、N i、F e の組成比を変化させた際の、腐食試験の評価結果を示す。なお図 9 中、○は表面に腐食の発生がない場合を示し、●は表面に腐食が発生した場合を示す。

## 【 0 0 7 1 】

また、■は保磁力  $H_c$  が 1 0 0 e ( 7 9 6 A / m ) よりも高くなる場合を示し、▲は、b c c 相 ( 体心立方構造 ) となる場合を示す。

なお、 $H_c > 1 0 0 e$  となる場合は、保磁力の増加によって磁気抵抗効果が劣化する。

また、N i F e または C o N i F e は、共に f c c 相 ( 面心立方構造 ) である方が磁気抵抗効果は高くなる。

一方、他の結晶構造となる場合には、界面での格子の不整合が生じ、磁気抵抗効果が劣化する。また、f c c 相と b c c 相とが混在する場合も、界面での格子の不整合が生じ、磁気抵抗効果が劣化する。

## 【 0 0 7 2 】

図 9 に示すように、C o、N i、F e に対して、C o の含有量が 7 5 原子% よりも大きく、N i の含有量が 1 5 原子% よりも小さいと、磁化固定層 4 3 および磁化自由層 4 5 に腐食が発生しやすくなることがわかった。

## 【 0 0 7 3 】

また、C o、N i、F e に対して、N i の含有量が 9 5 原子% よりも大きくなり、F e の含有量が 5 原子% よりも小さくなると、磁化固定層 4 3 および磁化自由層 4 5 の保磁力  $H_c$  が大きくなり、磁気抵抗効果が劣化することがわかった。

## 【 0 0 7 4 】

また、C o、N i、F e に対して、F e の含有量が 4 0 原子% よりも大きくなると、磁化固定層 4 3 及び磁化自由層 4 5 に腐食が発生しやすくなることがわか

った。

#### 【0075】

上述したことから、磁化固定層43および磁化自由層45を、FeNiまたはCoNiFeにより形成する場合には、Co、Ni、Feの組成比を、それぞれb、c、d（b、c、dは、それぞれ原子%を表す。）としたときに、その組成範囲が、 $0 \leq b \leq 75$ 、 $15 \leq c \leq 95$ 、 $5 \leq d \leq 40$ （ $b + c + d = 100$ 原子%）とすることが好適である。

#### 【0076】

すなわち、磁化固定層43および磁化自由層45においては、図10に示すように、Co、Ni、Feの組成比が、点A（Co=0原子%、Ni=95原子%、Fe=5原子%）、点B（Co=0原子%、Ni=60原子%、Fe=40原子%）、点C（Co=45原子%、Ni=15原子%、Fe=40原子%）、点D（Co=75原子%、Ni=15原子%、Fe=10原子%）、点E（Co=75原子%、Ni=20原子%、Fe=5原子%）の5点で囲まれた実線の範囲内にあることが好ましい。

#### 【0077】

上述したように、本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドによれば、優れた耐食性の実現でき、磁気テープ2と摺動される媒体摺動面20aに保護膜を形成しない場合においても、磁化固定層43および磁化自由層45の腐食の発生を回避できる。

#### 【0078】

さらに、磁化固定層43および磁化自由層45において、Co、Ni、Feの組成範囲が、 $20 \leq b \leq 75$ 、 $20 \leq c \leq 75$ 、 $5 \leq d \leq 40$ となる、すなわちCo、Ni、Feの組成比が、図10中の点F（Co=20原子%、Ni=75原子%、Fe=5原子%）、点G（Co=20原子%、Ni=40原子%、Fe=40原子%）、点H（Co=40原子%、Ni=20原子%、Fe=40原子%）、点E（Co=75原子%、Ni=20原子%、Fe=5原子%）の4点で囲まれた破線の範囲内にあることが好ましい。

これにより、本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッド20では、磁化固定層43お



よび磁化自由層45が優れた耐食性を示し、かつ高い磁気抵抗効果率を維持することが可能であると共に、特にCoの割合が増すことによって磁気抵抗変化率を高めることが可能である。

## 【0079】

さらにまた、磁化固定層43および磁化自由層45は、Co、Ni、Feの組成範囲が、 $40 \leq b \leq 75$ 、 $20 \leq c \leq 65$ 、 $5 \leq d \leq 30$ となる、すなわちCo、Ni、Feの組成比が、図10中、点I (Co=30原子%、Ni=65原子%、Fe=5原子%)、点J (Co=30原子%、Ni=40原子%、Fe=30原子%)、点K (Co=50原子%、Ni=20原子%、Fe=30原子%)、点E (Co=75原子%、Ni=20原子%、Fe=5原子%)の4点で囲まれた一点鎖線の範囲内にあることが好ましい。

これにより、本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッド20においては、磁化固定層43および磁化自由層45が優れた耐食性を示し、かつ高い磁気抵抗効果率を維持することが可能であると共に、優れた耐食性と高い磁気抵抗効果率とを高次元でバランスさせることが可能である。

## 【0080】

なお、上述したスピバルブ膜40においては、磁化固定層43および磁化自由層45は、上述した組成比を有するNiFeまたはCoNiFeに、Au、Ir、Pt、Al、Ru、Rh、Cr、Pdから選ばれる少なくとも一種または二種以上の元素が添加されていてもよい。

## 【0081】

また、上述した組成比を有するNiFe、またはCoNiFeである磁化固定層43および磁化自由層45は、スピバルブ40においてそれぞれ異なってもよく、また、複数の組合せによって構成されていてもよい。

## 【0082】

上述したような条件を満足するスピバルブ膜40として、具体的には、例えば下地層41となるTaと、磁化自由層45となる $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 及び $\text{Co}_{50}\text{Ni}_{30}\text{Fe}_{20}$ と、非磁性層となる $\text{Cu}_{89}\text{Ru}_{11}$ と、磁化固定層43となる $\text{Co}_{50}\text{Ni}_{30}\text{Fe}_{20}$ と、反強磁性層42となるPtMnと、保護層46となるTaとが順次

積層されてなるスピバルブ膜 4 0 を備える構成としたところ、優れた耐食性を示し、磁気テープと摺動される媒体摺動面 2 0 a に保護膜を形成しない場合であっても、高温高湿下や海水雰囲気中において腐食等の発生を防止することができ、磁気テープ 2 に対する適切な再生動作を行うことが可能であることが確認できた。

特に、ヘリカルスキャン方式を用いた磁気テープ装置 1 において、このような GMR ヘッドを再生用磁気ヘッド 1 2 a、1 2 b として適用したところ、優れた耐食性を得ることができた。

#### 【 0 0 8 3 】

なお、本発明においては、上述したような構成の GMR ヘッド 2 0 に限定されず、例えば MR ヘッド上に、電磁誘導を利用したインダクティブ型磁気ヘッドが積層されてなる複合型磁気ヘッドも適用可能である。

また、本発明は、絶縁層を介して一対の磁性層を積層し、一方の磁性層から他方の磁性層に流れるトンネル電流のコンダクタンスが一対の磁性層の磁化の相対角度に依存して変化する磁気トンネル接合素子を備える磁気トンネル効果型磁気ヘッドにも適用可能である。

#### 【 0 0 8 4 】

##### 【発明の効果】

本発明に係る磁気抵抗効果型磁気ヘッドにおいては、優れた耐食性を示し且つ高い磁気抵抗変化率を維持したスピバルブ膜を備えることから、磁気記録媒体と摺接される面に保護膜を形成しない場合においても、高温高湿下や海水雰囲気中において腐食等の発生を防止することが可能であり、磁気記録媒体に対する適切な再生動作を行うことが可能であった。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

磁気テープ用の記録再生装置の概略平面図を示す。

##### 【図 2】

記録再生装置を構成するヘッドドラムの概略斜視図を示す。

##### 【図 3】

本発明の磁気抵抗効果型磁気ヘッドの概略斜視図を示す。

【図 4】

GMRヘッドを媒体摺接面側から見た端面図を示す。

【図 5】

- (a) ボトム型のスピバルブ膜の概略断面図を示す。
- (b) トップ型のスピバルブ膜の概略断面図を示す。
- (c) デュアル型のスピバルブ膜の概略断面図を示す。

【図 6】

腐食電位と腐食試験前後の磁気抵抗変化との関係、及び表面観察結果を示す。

【図 7】

Cu-Ruの組成比と腐食電位との関係を示す。

【図 8】

Cu-Ruの組成比と腐食試験前後の抵抗変化率、表面観察結果、および電気抵抗の測定結果との関係図を示す。

【図 9】

磁化固定層及び磁化自由層のCo、Ni、Feの組成比を変化させた際の腐食試験の評価結果を示す。

【図 10】

磁化固定層及び磁化自由層にNiFe又はCoNiFeを用いた場合に好適なCo、Ni、Feの組成比を示す三元図である。

【符号の説明】

1 ……磁気テープ装置、2 ……磁気テープ、3 ……供給リール、4 ……巻取リール、5 a～5 f ……ガイドローラ、5 g ……ピンチローラ、6 ……キャップスタン、6 a ……キャップスタンモータ、7 ……ヘッドドラム、8 ……駆動モータ、9 ……回転ドラム、10 ……固定ドラム、11 ……記録用磁気ヘッド、12 ……再生用磁気ヘッド、20 ……GMRヘッド、21 ……第1のコア部材、22 ……保護膜、23 ……第2のコア部材、24, 25 ……磁気シールド層、26 ……ギャップ層、27 ……GMR素子、28 a, 28 b ……永久磁石膜、29 a, 29 b ……低抵抗化膜、30 a, 30 b ……導体部、31 a, 31 b ……外部接

続用端子、4 0, 4 0 a, 4 0 b, 4 0 c …… スピンバルブ膜、4 1 …… 下地層、4 2 …… 反強磁性層、4 3 …… 磁化固定層、4 4 …… 非磁性層、4 5 …… 磁化自由層、4 6 …… 保護層